

IAP5 Rec'd PCT/PTO 25 SEP 2006

1

**DISPOSITIF DE SECURISATION DE STOCKAGE, DE TRANSFERT, DE
TRANSPORT, DE MANUTENTION DE PRODUITS DANGEREUX, COMBUSTIBLES,
COMBURANTS, CORROSIFS, TOXIQUES ET/OU POLLUANTS**

La présente invention se rapporte à un dispositif destiné à prévenir les incendies/explosions accidentels majeurs, sécurisant le stockage, le transfert, le transport, la manutention, de produits dangereux, notamment de
5 carburants/matières combustibles dont les gaz ou les vapeurs, mis en présence ou mélangés à l'air atmosphérique, présentent un danger d'inflammation spontanée de l'atmosphère explosive ainsi formée.

Elle permet aussi, en cas d'accident entraînant la
10 rupture de la structure de contention/réservoir, ou l'arrachage de ses raccordements, d'éviter ou de réduire considérablement les risques de déversement massif accidentel du produit contenu dans le milieu environnant, déversements qui sont à l'origine d'incendies/explosions majeurs et de pollutions dangereuses.

15 Les réalisations de l'invention dans les domaines industriels cités, sont destinées à contrôler le danger en éliminant le risque à la source, c'est-à-dire pour les matières combustibles/carburants, en empêchant que l'oxygène de l'air puisse être introduit et séjourner à leur contact ou mélangé à
20 leurs vapeurs/gaz.

Les autres réalisations permettent d'assurer à ces produits dangereux une contention à plusieurs niveaux de sécurisation, éliminant ou réduisant considérablement les risques de leur déversement massif dans l'environnement.

5 Malheureusement, des accidents industriels majeurs, impliquant l'incendie et/ou l'explosion de grands volumes de carburants (gaz ou vapeurs) et le déversement massif de produits inflammables, polluants et/ou toxiques dans le milieu ambiant, continuent à se produire, entraînant des dégâts matériels
10 importants, des pertes d'emploi, mais aussi des pertes en vies humaines.

L'art antérieur ne parvient ni à prévenir, ni à empêcher ni à expliquer ces accidents.

15

I. Art antérieur

En matière de sécurité-incendie, l'apparition d'une flamme est gouvernée par un Credo baptisé le « *Triangle du*
20 *Feu* », élaboré à partir d'expériences thermochimiques en laboratoire, qui fixent des limites d'inflammabilité en dehors desquelles le carburant ou le mélange de ses vapeurs avec l'oxygène de l'air ne sont pas inflammables. Ce credo exige de plus la présence d'une source d'inflammation apportant à
25 l'atmosphère explosive une certaine énergie minimale d'inflammation (MIE) pour déclencher le départ de feu (allumette, étincelle, point chaud). La recherche dans les domaines de la cinétique chimique, de la thermodynamique et de la mécanique des fluides effectuée et validée expérimentalement lors des
30 dernières décennies, a démontré que le « *Triangle du Feu* » était une approche trop simpliste, incapable de prévoir ni d'expliquer certains accidents industriels majeurs en matière d'incendie ou d'explosion.

L'art antérieur impose aux fournisseurs de gaz
35 inflammables et de produits dangereux livrés aux laboratoires un

étiquetage qui précise la composition exacte du produit livré, indiquant la nature et le pourcentage d'impuretés mélangés au produit, ainsi qu'une date de péremption au-delà de laquelle le produit ne doit plus être utilisé, mais renvoyé au fournisseur.

- 5 Pour des raisons d'économie, ces mesures et ces précautions ne sont généralement pas appliquées aux conditions d'utilisation industrielles.

- 10 Pour éviter le déversement massif de produit dangereux/polluant/inflammable, la conception des contentions industrielles destinées à leur stockage, transfert, transport, manutention s'avèrent inadéquates en cas de rupture accidentelle de ces structures, généralement constituées de tôles ou de tubulures/raccordements métalliques ne résistant pas
15 suffisamment ni à l'impact, ni à la cassure, ni à la corrosion dans le temps.

• **Incendies/explosions imprévus et inexplicables**

20

- L'art antérieur a formellement admis, il y a longtemps que : « *Sans oxygène, il ne peut y avoir de flamme!* ». Et pourtant, une règle d'exclusion pure et simple n'a jamais été appliquée dans les conditions industrielles ou se sont produits
25 les accidents majeurs évoqués. Au contraire, chaque fois, on se trouvait en présence d'une atmosphère explosive contenant de l'oxygène, telle que définie ci-dessous.

- On rappelle ici que, selon la Législation Européenne, on entend par « atmosphère explosive » : « *un mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé* ».

- L'art antérieur a, de plus, fixé des normes, sur la base
35 d'expérimentation en laboratoire, précisant « les limites de

flammabilité » d'une « atmosphère explosive » en dehors desquelles le mélange gaz-vapeurs de carburant et d'air ne peut s'enflammer, et aussi quelle doit être l'« énergie minimale d'inflammation » que doit fournir notamment une étincelle, 5 valeur au-dessous de laquelle il n'y a pas de danger de départ de feu ; il est cependant démontré que des atmosphères industrielles s'enflamment et brûlent hors de ces limites, et que l'apport en énergie d'une source d'inflammation tend exponentiellement vers zéro à des températures relativement 10 basses, d'où un sentiment de sécurité erroné.

Les risques peuvent et doivent être supprimés à la source, en contenant les carburants à l'abri de l'air.

15

- **Déversement massif accidentel dans l'environnement**

20

Le risque de déversement massif dans le milieu ambiant de carburants ou de produits toxiques et/ou polluants est réel et entraîne chaque année des accidents majeurs.

25

II. Les problèmes de l'art antérieur

- 30 • **Pour les carburants :**

L'art antérieur, après sa définition d'« atmosphère explosive », a omis de signaler qu'il s'agissait de mélanges intrinsèquement à risques, dans lesquels des réactions d'auto oxydation se déroulent, même aux températures les plus basses, 35 et dont la vocation est de s'enflammer quasi spontanément après

une période d'induction plus ou moins longue alors que, selon le credo qui sert de base aux normes actuelles, l'inflammation d'un carburant, à pression et à température atmosphériques, au contact de l'air environnant, requiert nécessairement une source
5 d'inflammation (apport d'énergie) extérieure.

L'art antérieur ne tient pas compte des travaux de modélisation de cinétique chimique des mélanges combustibles, qui ont démontré la réalité d'occurrence de leur inflammation spontanée suite à l'emballement de réactions de branchement en
10 chaîne (après un délai d'induction non infini, d'autant plus court que la température du mélange est élevée) ni de la diminution exponentielle vers zéro de leur « *énergie minimale d'inflammation* » même à des températures industrielles courantes, ni des travaux expérimentaux qui ont montré que des
15 atmosphères explosives brûlent alors qu'elles ne contiennent qu'une fraction de 1% d'oxygène ou que leur température est aussi basse que 150 en dessous de zéro centigrade.

Les limites d'inflammabilité sont basées sur des méthodes de laboratoire normalisées, mais souvent fortement dépendantes
20 des effets de paroi - transfert de chaleur (conduction, convection), catalyse, adsorption de O₂, H₂, neutralisation de radicaux libres - mais souvent négligeables aux dimensions industrielles.

Dans les cas de pré-mélange carburant-comburant, on
25 néglige tout phénomène d'hérédité, ainsi que la présence courante d'impuretés ou de produits d'auto oxydation pouvant agir en tant que catalyseurs/oxydants,

A défaut de permettre une explication des incendies/explosions qui se sont produits lors du simple contact
30 ou mélange d'un carburant et de l'air dans des conditions pratiquement atmosphériques, sans que les enquêtes minutieuses aient pu identifier la moindre présence d'un apport d'énergie extérieur, aucune mesure destinée à prévenir de façon adéquate ce type d'accident n'a pu être prise, de telle sorte que de
35 nouveaux accidents semblent inévitables.

L'art antérieur n'a pu faire face.

- Pour les produits dangereux qui risquent de
5 s'enflammer/exploser au contact de l'air ou bien de polluer
l'environnement s'ils sont déversés massivement

Des accidents majeurs imprévus, impliquant le déversement de produits pétroliers et/ou chimiques, toxiques et/ou polluants dans des lieux ou des zones habités, dans l'atmosphère, dans la
10 mer, les rivières ou sur terre, se produisent malheureusement fréquemment.

S'il n'est pas possible d'éliminer complètement tout risque accidentel d'impact ou de défaillance structurelle d'un réservoir/citerne/gazoduc ou de ses raccordements, le Dispositif
15 selon l'invention permet, par contre, comme expliqué ci-après, d'améliorer considérablement la sécurité de contention de tels produits dangereux en assurant la rétention du produit dangereux à l'intérieur d'un Dispositif grâce à une succession de niveaux de protection en adéquation avec les risques identifiés, les
20 supprimant ainsi à la source.

III. Objet de l'invention :

25

L'objet de l'invention est de pallier à ces deux risques majeurs.

Il a été illustré plus haut que, dans certaines conditions industrielles, il existe un réel danger d'auto-
30 inflammation pour toute atmosphère explosive composée d'un mélange de vapeurs et/ou de gaz carburant-comburant, même largement en dehors des limites d'inflammabilité couramment admises. Si le comburant, notamment représenté par l'oxygène atmosphérique, est empêché de venir en contact et/ou d'être
35 mélangé au carburant, ce dernier ne présente plus aucun danger

puisqu'il ne sera pas formé d'atmosphère explosive.

Par ailleurs, il ressort des études d'accidentologie que de nombreux accidents majeurs sont dus à la défaillance structurelle de réservoirs, gazoducs ou citernes classiques et
5 au déversement massif du produit contenu dans leur environnement, notamment dans l'air ambiant.

L'objet de l'invention est donc un Dispositif qui, en premier lieu, empêche la formation dangereuse d'une atmosphère explosive en imposant et maintenant une séparation physique
10 entre le carburant contenu et l'air en toutes circonstances ; si le Dispositif détecte la présence éventuelle d'oxydant en contact ou mélangé aux vapeurs/gaz de carburant, il met en œuvre les moyens nécessaires pour prévenir l'opérateur et neutraliser le danger.

15 Les moyens du Dispositif qui sont destinés à empêcher l'entrée d'air dans les conteneurs , peuvent servir à empêcher la fuite/déversement du produit contenu en assurant la mise en œuvre d'une succession de niveaux de protection/contention permettant d'éviter, en cas de rupture accidentelle de la
20 structure de contention (réservoir), son déversement massif dans le milieu ambiant.

• Pour supprimer à la source les risques entraînés par le danger indiqué précédemment la première mesure consiste
25 à :

1. - contrôler la stabilité du produit,
2. - éviter tout contact ou mélange du produit avec l'air ou l'oxygène ambiant,
3. - si le mal a déjà été fait, les séparer et stabiliser le
30 produit le plus vite possible,
4. si la séparation physique du mélange s'avère impraticable dans les délais et conditions imparties, prendre les mesures nécessaires pour neutraliser le mélange, notamment

chimiquement ou en le brûlant dans des conditions contrôlées, sans risque.

Le Dispositif décrit ci-après dispose de moyens
5 d'effectuer des contrôles en continu de la stabilité du carburant tout au long de son parcours, de détecter toute anomalie, de mesurer les paramètres physiques et chimiques requis et leur évolution dans le temps, d'évacuer les impuretés et sous-produits dangereux qu'il contient, et de mettre en œuvre
10 les moyens nécessaires pour supprimer le danger identifié.

L'invention concerne, de façon générale, un Dispositif de sécurisation/contention de produit dangereux et/ou potentiellement réactif lors de son stockage, son transport, sa
15 manutention dans un environnement de dimensions industrielles à pression et température sensiblement atmosphériques, ce produit étant contenu dans un réservoir et ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte une enveloppe 202 dans le réservoir, cette enveloppe étant agencée pour conserver le
20 produit à l'abri de tout contact avec l'oxygène atmosphérique même en cas de rupture structurelle du réservoir.

Dans une réalisation, le Dispositif comporte des moyens pour retarder ou empêcher le déversement du produit à l'air libre, notamment en cas d'impact accidentel ou d'exposition
25 imprévue à la chaleur d'un incendie environnant.

Selon une réalisation, le Dispositif comprend au moins une membrane perméable sélective de sorption ou dissolution ou diffusion permettant d'extraire les vapeurs et gaz potentiellement dangereux contenus dans au moins un élément du
30 dispositif.

Selon une réalisation, le Dispositif comprend au moins une membrane perméable sélective permettant d'injecter un inhibiteur/stabilisateur dans le produit ou dans ses vapeurs, ou un gaz inerte destiné à la purge et/ou ventilation des espaces

libres du réservoir, et des autres éléments, notamment de stockage, de ce dispositif.

Selon une réalisation, le Dispositif comprend des moyens de génération et d'injection dans le réservoir, autour d'une
5 enveloppe contenant le produit et/ou autour d'au moins un coussin gonflable de type « airbag » ou d'un autre élément, de mousse à effet retardant, auto-solidifiante ou non, incombustible et inerte vis-à-vis du produit stocké, destinée à contribuer à l'étanchéité et à la protection de l'enveloppe, en
10 protégeant le produit physiquement et thermiquement des parois et du milieu ambiant.

Selon une réalisation, le Dispositif comporte au moins une vanne de sécurité contrôlant l'entrée et/ou la sortie de produit d'un élément du dispositif ou l'entrée d'air ambiant en
15 cas d'avarie du circuit de distribution ou de rupture de son raccordement avec l'extérieur, notamment à la suite d'un impact.

Dans une réalisation, le Dispositif comprend un élément doté d'au moins un mécanisme situé à une entrée et/ou à une sortie d'une enveloppe contenant le produit stocké de façon à
20 fermer par scellement les orifices de l'enveloppe ainsi que ceux d'un coussin gonflable de type « airbag » qui l'enclot, tout en les désolidarisant des parois du réservoir.

Dans une réalisation, au moins un des éléments contenant le produit est constitué d'une enveloppe étanche, déformable ou
25 non, contenant le produit.

Dans ce cas, l'enveloppe dans laquelle est contenu le produit dangereux est, par exemple, un élément qui présente au moins une des caractéristiques sélectionnées dans le groupe comprenant :

30 - une étanchéité et une inertie chimique notamment vis-à-vis du produit stocké, de ses vapeurs et de ses sous-produits d'auto-réaction, de décomposition et/ou de dégradation, des impuretés chimiques ou biologiques qui pourraient y être incluses, de l'air ou d'un autre réactif ambiant, l'enveloppe

comprenant de préférence à cet effet une ou plusieurs couches de matériaux étanches différents,

- une résistance mécanique, en cas d'impact, à la perforation et/ou à la déchirure, par exemple en étant composée de deux ou plusieurs couches de matériaux dans lesquelles sont éventuellement incorporées des mailles ou des fibres de « nylon », de verre, de carbone, de « Kevlar », métalliques et/ou synthétiques, tissées ou non,
- une tolérance à des températures variant de moins 50 degrés Celsius à plus 900 degrés Celsius, de préférence de moins 50 à plus 150 degrés Celsius, et
- une faible sensibilité au rayonnement solaire, notamment dans le cas où l'enveloppe est amenée à y être exposée pendant de longues durées, par exemple lorsqu'elle contient un produit stocké en vrac.

Dans une réalisation, le Dispositif comprend des micro et/ou nano capteurs de détection de l'état et des caractéristiques de l'enveloppe, notamment de type autonome sans fil ou reliés, par exemple par fibre(s) optique(s) à un centre de contrôle, de surveillance et d'activation de moyens d'intervention du dispositif.

Dans une réalisation, l'enveloppe est elle-même enclose complètement par au moins un coussin gonflable étanche de type « airbag ».

Dans une réalisation, le gonflement d'au moins un organe de type « airbag », lors de son activation, est assuré au moyen d'un gaz inerte et incombustible, tel que l'azote ou l'argon pour les carburants, non-réactif notamment vis-à-vis du produit stocké et de ses produits de décomposition.

Dans une réalisation, le Dispositif comporte des moyens pour contrôler la stabilité et/ou la réactivité initiale du produit, assurer le suivi continu de son niveau de dangerosité, notamment sa composition, son âge, sa vitesse de vieillissement et les paramètres, tels que sa température et la concentration des réactifs les plus significatifs, pour mettre en œuvre,

manuellement ou automatiquement, à partir de valeurs prédéterminées, des moyens d'alarme et d'intervention, ces moyens d'intervention permettant notamment de corriger, en tant que de besoin, les paramètres physiques ou chimiques nécessaires
5 pour éviter un emballement réactif incontrôlable.

Dans une réalisation, le produit réactif ou dangereux contenu comprend au moins un produit choisi dans le groupe comportant : les carburants, notamment les hydrocarbures, les hydrates de carbone et l'hydrogène, les matières organiques, les
10 oxydants, notamment l'oxygène et les peroxydes, les produits chimiques présentant un danger d'inflammation/explosion spontanée au contact de l'air ambiant ainsi que les produits toxiques et/ou polluants vis-à-vis du milieu ambiant.

Dans une réalisation, le Dispositif comporte des moyens
15 pour assurer plusieurs niveaux de contention adaptés au produit ou aux risques d'agression accidentelle que peuvent présenter l'environnement et les conditions d'utilisation, ces moyens comprenant de préférence des éléments successifs qui entourent une enveloppe contenant le produit, dont les parois apportent
20 chacune au produit dangereux contenu un niveau de protection chimique, physique, thermique et/ou mécanique supplémentaire par rapport à l'enveloppe.

Dans une réalisation, le Dispositif comprend au moins un détecteur et/ou un capteur, et/ou un détecteur faisant partie
25 d'un microordinateur, visant à transmettre des données à une unité centrale ou à un centre de contrôle, notamment par liaison sans fil et/ou par fibres optiques.

Dans une réalisation, le Dispositif comprend des moyens d'intervention aptes à être mis en œuvre en fonction des données
30 transmises par des détecteurs ou capteurs, et/ou des capteurs faisant partie d'un microordinateur, pour parer aux risques encourus.

Dans une réalisation, le Dispositif comprend au moins un moyen de récupération des gaz, produits réactifs et/ou toxiques,
35 vapeurs inflammables à caractère dangereux, toxique et/ou

polluant, extraits d'un élément du dispositif, notamment de l'enveloppe, en vue de leur stockage temporaire sécurisé, leur condensation, recyclage ou neutralisation, s'il y a risque d'auto-inflammation ou explosion ou d'échappement accidentel dans le milieu ambiant.

Selon une réalisation, l'enveloppe présente au moins un point haut afin que des bulles, des vapeurs ou des gaz présents dans le produit stocké tendent à s'accumuler dans ce point haut.

Selon une réalisation, le Dispositif comprend des moyens pour évacuer les gaz et/ou les vapeurs accumulés, notamment dans un point haut d'une enveloppe ou d'un élément de transfert/distribution du produit, par exemple pour les récupérer, les diriger vers un stockage sécurisé, les stabiliser, les neutraliser ou les brûler de manière contrôlée, par exemple dans un moteur ou une torchère, ou pour les réinjecter dans le produit ou dans un circuit de distribution.

Selon une réalisation, le Dispositif comporte des moyens pour effectuer au moins une des opérations suivantes :

- effectuer le suivi de la température du produit et la comparer à au moins une valeur fixée par l'opérateur,
- refroidir le produit au niveau prescrit pour assurer la marge de sécurité imposée par rapport au risque ambiant d'un apport d'énergie accidentel dépassant la valeur requise pour son auto-inflammation/explosion,
- contrôler la stabilité du produit,
- détecter la présence de vapeurs dangereuses, notamment inflammables et/ou explosives, dans les éléments du dispositif à l'extérieur d'une enveloppe contenant le produit, et en évaluer le danger en fonction de leur température et de leur concentration et de celles de l'oxygène et/ou autres réactifs,
- comparer des valeurs mesurées à des valeurs prédéterminées afin d'ouvrir ou de fermer au moins une soupape ou une vanne et/ou d'activer notamment des moyens de remplissage/vidange, de gonflement, de purge, de ventilation, d'injection de produits neutralisants, de refroidissement, et de

récupération.

Selon une réalisation, le Dispositif comprend des moyens pour effectuer au moins l'une des opérations suivantes :

- détecter un impact,
- 5 - déceler une fuite du produit contenu dans une enveloppe,
- déceler et mesurer une élévation de la température du produit, et/ou des parois du réservoir et de celles d'un (des) autre(s) élément(s) du dispositif,
- 10 - effectuer le suivi de la durée et des conditions de stockage du produit et comparer ladite durée avec une durée limite éventuellement prescrite par l'opérateur,
- évaluer son degré et/ou sa vitesse de vieillissement.

 Selon une réalisation, le Dispositif comprend au moins un
15 capteur tel que des fibres piézoélectriques incorporées dans la paroi d'un organe de type « airbag », et des moyens tels qu'une vanne, pour empêcher que l'organe de type « airbag » ne se gonfle à une pression trop élevée par rapport aux spécifications des structures du réservoir, et l'empêche ensuite de se
20 dégonfler après avoir atteint le volume désiré pour assurer la protection optimale d'une enveloppe contenant le produit et du produit stocké.

 L'invention concerne aussi l'application du dispositif défini ci-dessus à un véhicule terrestre, aérien, spatial,
25 maritime ou fluvial.

 L'invention concerne également l'application du dispositif défini ci-dessus au stockage, au transfert, au transport, à la manutention de produit en vrac, emballé ou non, et/ou dans un espace ouvert, ou réservoir confiné ou semi-
30 confiné.

 L'invention concerne aussi l'application du dispositif défini ci-dessus au stockage, au transfert, au transport, à la manutention d'un produit qui se présente sous forme de gaz, de liquide, notamment de vapeurs, de brouillard, de gouttelettes,
35 ou de solides, par exemple sous forme de particules, de grains,

de granulés, de poudre, de poussière, de farine, de copeaux, de fibres, de feuilles ou de matériau poreux.

5

IV. Description de certaines réalisations du Dispositif

Il est rappelé que des objectifs du Dispositif sont :

- 10 1. Eviter tout contact ou mélange de l'air avec le carburant ou avec ses vapeurs, que ce soit lors d'un stockage, d'un transfert, d'un transport ou d'une manutention usuels, qui aboutirait à la formation d'une poche d'atmosphère explosive à l'intérieur du dispositif.
 - 15 2. Déceler l'introduction accidentelle d'air (oxygène) dans le Dispositif, déclenchant l'alarme et la mise en œuvre des moyens automatiques ou manuels de sécurisation, permettant à l'opérateur de régler le problème.
 - 20 3. Eviter que la température du produit/carburant ne s'élève à aucun moment jusqu'à un niveau atteignant ou dépassant le point d'éclair et le point de feu du produit, auquel cas sa mise en contact (ou celle de ses vapeurs) accidentelle avec l'air ambiant, aboutirait à une inflammation/explosion quasi-instantanée ; ces conditions de
 - 25 danger extrême correspondent à des températures courantes en milieu industriel pour lesquelles l'énergie minimale d'inflammation et la période d'induction avant inflammation spontanée de l'atmosphère explosive approchent zéro ; des fuites accidentelles de produit peuvent avoir lieu lors du chargement
 - 30 ou de la vidange du Dispositif.
- Eviter tout déversement accidentel de produit stocké dans le milieu ambiant (politique d'effluent zéro) par suite d'un accident provoquant une rupture structurelle du système traditionnel de contention, notamment d'un impact direct ou d'un
- 35 incendie environnant le Dispositif.

Des réalisations du Dispositif sont illustrées et décrites ci-après à titre représentatif et non limitatif à l'aide des figures jointes sur lesquelles :

la Figure 1 représente un mode de réalisation du Dispositif et son utilisation pour sécuriser des moyens mobiles de transport par route ou par rail de grande capacité, tels que remorques de camion citerne ou wagons citernes,

la Figure 2 représente des éléments du dispositif conforme à l'invention pour la livraison de carburant à une citerne enterrée et à son transfert pour l'avitaillement d'un aéronef gros porteur via un véhicule de transport,

la Figure 3 représente des éléments du Dispositif pour éliminer le danger au sol et en vol que présentent certains grands réservoirs d'aéronefs gros porteurs en service actuellement dans de nombreuses compagnies et forces armées aériennes, et

la Figure 4 représente un détail d'une réalisation d'une partie du Dispositif lié à une enveloppe avec point haut conforme à l'invention.

Il ne sera décrit ci-dessous individuellement que certains éléments du Dispositif, innovateurs par rapport aux techniques de sécurisation-incendie/contention actuelles.

Figure 1 : wagon/camion citerne

Les divers éléments illustrés du Dispositif sont les suivants :

- 200 : wagon/remorque de camion-citerne.
- 201 : isolation thermique.
- 202 : enveloppe étanche de contention du produit dangereux (voir commentaires ci-dessous).
- 203 : soupape d'entrée/sortie de gaz inerte.
- 205/214 : gaz inerte de gonflement de l'airbag.
- 206 : carburant.

- 5 -207 : berceau, plafond et parois perforés de soutien et d'isolation de l'enveloppe et du/des airbag(s); il faut noter que ce berceau peut être lui-même enclos entièrement ou protégé localement par un deuxième airbag, non représenté, si le niveau de risque le justifie.
- 209 : « Bulle » en point haut (voir détail Figure 4)
- 211 : orifice d'entrée/sortie du carburant/produit.
- 10 -212/213 : moyens de contrôle, lavage, nettoyage, filtrage, stabilisation, refroidissement du carburant ; pour les produits dangereux en général, leur stabilité et conformité aux prescriptions doit toujours être contrôlée et rétablie si nécessaire par l'opérateur avant le chargement.
- 215 : enveloppe gonflable de type airbag qui enclot l'enveloppe.
- 15 -216-218 : vannes de fermeture des orifices d'entrée/sortie de l'enveloppe ; ces vannes sont complétées par des vannes de fermeture programmée de l'airbag et, dans certaines réalisations, par un
- 20 mécanisme de coupure qui désolidarise l'enveloppe et l'airbag qui l'enclôt de la paroi de la citerne et des raccords 211 d'entrée et de remplissage de produit.
- 220 : gaz inerte interstitiel entre l'enveloppe et l'airbag.
- 25 -222 : orifices d'entrée et de sortie du gaz de gonflement de l'airbag.
- 223 : orifice d'entrée et de sortie de gaz inerte.

30 Pour réaliser correctement sa fonction, l'enveloppe 202 est imperméable et chimiquement inerte vis-à-vis du produit qu'elle contient, ainsi que vis-à-vis de l'air, de l'oxygène ou autres oxydants ou produits corrosifs présents dans l'atmosphère 220 à l'extérieur de l'enveloppe, dans l'espace libre du réservoir.

35 Pour cela, différents types ou combinaisons de matériaux,

synthétiques ou naturels, peuvent être réalisés pour la fabrication de l'enveloppe. Selon un exemple, un film de polyéthylène épais est particulièrement adapté pour la réalisation de l'invention dans le stockage en vrac (non
5 représenté) de carburants solides tels que des farines, poudres et/ou granulés, notamment de charbon actif. Dans cette réalisation de l'invention, l'enveloppe peut prendre la forme d'une couverture souple et déformable, hermétiquement fixée aux parois de l'espace confiné ou semi-confiné, ou au sol dans le
10 cas d'un stockage en vrac sans parois latérales, recouvrant complètement la matière combustible (carburant) pour empêcher toute entrée d'air vers l'intérieur du stockage.

D'autres matériaux composés notamment de nitrile, de néoprène, d'uréthane, d'élastomères et/ou de plastomères, en
15 couche simple ou sous la forme de matériaux multicouches sont utilisés en fonction de la nature du produit stocké et de la résistance mécanique, chimique ou thermique attendue de l'enveloppe.

Selon une seconde caractéristique, l'enveloppe 202 doit,
20 dans certains cas, être déformable, notamment de par sa structure souple, élastique et/ou pré-pliée, de manière à pouvoir augmenter de volume pour accueillir le produit 206 lors de son remplissage par les vannes 216-218 jusqu'à la capacité requise du réservoir. L'enveloppe doit pouvoir se vider en
25 s'aplatissant complètement lorsque le carburant est entièrement évacué, à moins que l'espace ainsi libéré ne soit rempli de gaz inerte par l'orifice 223 au fur et à mesure à partir d'un stockage temporaire. Dans certains cas, l'injection d'un liquide inerte non-miscible avec le produit stocké peut être envisagé
30 pour remplir ou vider l'enveloppe par l'orifice 211 au fur et à mesure du prélèvement ou du remplissage de produit stocké.

Lorsque le produit stocké/transporté dans une telle citerne est un carburant, si l'on veut éviter tout risque de formation d'atmosphère explosive, la citerne « vide » doit être
35 remplie au préalable et en permanence d'un gaz inerte tel que

notamment l'azote ou le gaz carbonique ; ce gaz peut être récupéré dans un stockage temporaire au fur et à mesure du remplissage de l'enveloppe, pour réutilisation lors du déchargement. Ceci est réalisé au moyen d'une pompe, d'une
5 vanne, d'un clapet, commandés par différents capteurs et systèmes, non représentés.

De même, des capteurs qui effectuent le suivi des paramètres chimiques et physiques prescrits commanderont des alarmes et des moyens d'intervention en cas d'anomalie et de
10 danger, ne sont pas représentés.

Si, par suite d'un accident, les capteurs du dispositif détectent une forte élévation de température des parois de la citerne et/ou de la paroi de l'enveloppe, notamment due à la présence de flammes dans l'environnement immédiat, des
15 générateurs de mousse à effet retardant seront activés pour fournir un niveau de protection thermique supplémentaire au produit contenu dans l'enveloppe.

Figure 2.: Avitaillement au sol d'un avion gros porteur

20

Les différents réservoirs où est stocké le carburant (citerne, véhicule et aéronef) doivent être équipés d'enveloppes étanches, souples ou non.

La figure 2 illustre la nécessité de contrôler la conformité et la stabilité du carburant à chaque étape qui précède son chargement dans les réservoirs de l'avion. Ceci est
25 effectué dans les éléments 303 du Dispositif.

Les réactions d'auto oxydation, qui se sont déroulées lors de stockages préalables peut-être de longue durée, à des températures ambiantes élevées, en contact avec de l'air, ont pu
30 provoquer l'apparition de peroxydes hydrogénés ou d'autres produits oxydants, détruisant la stabilité attendue du carburant. Dans ce cas, il ne doit en aucun cas être introduit dans les enveloppes étanches illustrées dans la Figure 3, mais
35 renvoyé au fournisseur sur ordre du Commandant de Bord.

Dans cette figure :

- 306 est le carburant,
- 302 est l'enveloppe étanche pour le carburant,
- 300 est la structure contenant l'enveloppe étanche,
- 5 - 307 est la bulle décrite plus loin,
- 305 constitue le point haut de l'enveloppe étanche,
- 308 est la conduite de distribution vers le camion
citerne 310 et l'avion 320.

Les éléments 303 et 309 proches du réservoir enterré 302
10 sont destinés à contrôler (303) l'état du carburant, le nettoyer
et le stabiliser (309) si nécessaire, avant stockage dans la
citerne enterrée.

On prévoit aussi des moyens de contrôle 303 avant le
chargement du camion citerne 310 ainsi qu'avant le chargement
15 dans l'avion 320.

La référence 311 représente le réservoir propre du camion
citerne 310.

20

**Figure 3 : Exemple du Dispositif conforme à l'invention, adapté
au réservoir central d'un avion gros porteur, « retrofitting »
(adaptable aux avions en service)**

25 Cette réalisation est basée sur les dessins de la
structure d'une travée transversale du réservoir central (CWT)
du Boeing 747 selon les plans fournis lors de l'enquête sur
l'accident du vol TWA 800 au large de New-York.

- 30 - 200 : travée du réservoir central.
- 202, 202₁ : enveloppe contenant le carburant
- 205 : gaz inerte remplissant les espaces vides.
- 206 : carburant.
- 207 : cloisons perforées isolant les enveloppes des
35 parois du réservoir.

- 209 : « Bulle ».
- 214 : paroi de l'airbag qui enclot une enveloppe 202.
- 215 : airbags-rideaux de protection des enveloppes des chocs et contacts avec les parois du réservoir.
- 5 - 220, 220₁ : gaz inerte remplissant les espaces libres.
- 221 : poutres de soutènement du plancher de la cabine passagers.
- 222 : plancher de la cabine.
- 223 : crochets d'accrochage des enveloppes.
- 10 - 224 : filets de maintien des enveloppes.

Par exemple pour ce réservoir, qui comporte plusieurs travées transversales, chacune pouvant contenir plus de dix tonnes de carburant, il est possible d'envisager l'installation
15 dans chaque travée de onze enveloppes par exemple, chacune contenant moins d'une tonne à pleine charge.

Chaque enveloppe est posée sur un berceau souple ou rigide, en matériau léger, la protégeant d'un contact direct avec le plancher du réservoir qui est chauffé par les unités de
20 conditionnement d'air et de pressurisation de l'avion (APU); ce berceau, pouvant être en métal, ou en matériau synthétique ou composite, perforé par exemple, isolera thermiquement l'enveloppe du plancher du réservoir. Chaque enveloppe est de plus maintenue par des filets qui l'entourent et la gardent
25 indépendante des enveloppes voisines. Ces filets, composés par exemple de sangles de fibres synthétiques, comme ceux utilisés sur certains avions pour maintenir en place les bagages placés en soute, empêchent notamment le glissement latéral, longitudinal et vertical des enveloppes en cas de mouvements
30 désordonnés de l'aéronef dus à des turbulences atmosphériques ou bien pendant l'atterrissage. Ces filets empêchent aussi le contact des enveloppes de carburant avec les parois, chauffées ou non, laissant un espace dans lequel se gonflent des airbags-rideaux pour protéger complètement chaque enveloppe en cas
35 d'impact ; les espaces libres autour des enveloppes sont remplis

de gaz inerte « pur ». Le Dispositif comprend des moyens permettant de purger et de remplir ces espaces en tant que de besoin.

Chaque enveloppe est également entièrement enclose par son airbag individuel, rempli initialement d'une petite quantité de gaz inerte, tel que de l'azote pur ou du gaz carbonique, lui permettant de se déformer au fur et à mesure que l'enveloppe est chargée en carburant tout en gardant une mince couche de gaz entre les deux lors du remplissage maximum. Le gonflement de l'airbag avec un gaz inerte/non réactif, froid, est commandé, à l'instant de l'impact d'atterrissage forcé, notamment par un accéléromètre tri-axial.

Dans cette éventualité, un capteur de pression, composé par exemple de fibres piézo-électriques incorporées dans son tissu, arrêtera automatiquement le gonflement de l'airbag lorsque celui-ci aura rempli tout l'espace vide du réservoir, le gaz inerte occupant normalement cet espace s'étant évacué par les clapets (non représentées) prévus à cet effet, de manière à éviter de soumettre la structure du réservoir à une surpression interne ne dépassant pas la limite prescrite par le constructeur. Dans le cas du réservoir du Boeing 747, la limite autorisée est d'environ 30% de surpression, par rapport à 1 atmosphère.

Le Dispositif comprend aussi des éléments d'isolation thermique (non représentés) des parois « chauffées » du réservoir permettant de diminuer et de retarder l'échauffement du carburant à l'intérieur des enveloppes, même si le réservoir est exposé à un incendie extérieur, comme cela peut se produire en cas d'atterrissage de fortune.

Le Dispositif peut aussi inclure des moyens d'activation, le long des parois, entre celles-ci et les « airbags », de générateurs de mousse de produit retardant ininflammable, remplie de bulles de gaz inerte en émulsion, et ayant de bonnes caractéristiques d'isolant thermique. Cette mousse agit comme niveau de protection supplémentaire pour retarder l'échauffement

du carburant à l'intérieur des enveloppes en cas de départ de feu à l'extérieur du réservoir, ainsi que l'échauffement des « airbags » et, en fin de compte, freiner le développement de l'incendie, donnant ainsi le temps nécessaire aux moyens matériels et humains de lutte contre l'incendie pour intervenir et l'éteindre. Il faut en effet éviter le plus longtemps possible tout déversement et/ou inflammation de carburant, même minime, dans l'atmosphère ou sur le sol à proximité de l'avion pour donner le temps aux passagers et à l'équipage de quitter l'avion et aux moyens de lutte contre le feu d'entrer en action.

Le dispositif d'équipement du Boeing 747, partiellement représenté, à titre d'exemple parmi d'autres découlant de l'invention, par la Figure 3 est destiné à être réalisé selon la construction actuelle de cet avion. Il nécessite des modifications, non représentées, des circuits actuels de distribution de carburant, de trop-plein et de ventilation des espaces libres des réservoirs de ce modèle et des modèles comparables, notamment du même constructeur (Boeing 707, 727, 737, 767), mais aussi d'autres constructeurs d'avions gros porteurs, notamment Airbus Industries. Ces avions dangereux qui volent aujourd'hui sont au nombre de plusieurs milliers d'appareils. Certaines modifications initiales de structure des avions en cours de conception faciliteront grandement l'adaptation du Dispositif, avec un poids et un coût inférieurs ainsi qu'une maintenance facilitée.

On notera que, dans le cas de la Figure 1 comme dans le cas de la Figure 3, on prévoit des vannes 216, 218 (Figure 1) qui permettent, en cas d'impact accidentel du réservoir (200) ou de l'échauffement de ses parois par un incendie avoisinant, de désolidariser du véhicule l'enveloppe 202 et l'airbag 215 qui l'enclot (214 dans le cas de la Figure 3). En d'autres termes, les vannes 216, 218 de remplissage et vidange se ferment en cas d'impact ou d'incendie et sont telles que, dans cette situation, elles entraînent la désolidarisation de l'enveloppe et de l'airbag de la structure du réservoir.

On a montré une enveloppe 202, et un airbag 220, sur la Figure 3 après désolidarisation.

On décrit, à titre d'exemples non-exhaustifs, à l'aide de la **figure 4**, certains détails de l'élément « Bulle » du dispositif, cet élément étant situé au point haut d'une enveloppe de contention, ou d'un élément de stockage, de transfert tel qu'un gazoduc ou oléoduc, de transport ou de manutention de carburant ou autre produit dangereux :

Les chiffres de référence ont la signification suivante :

- 10 - 400 : paroi de l'enveloppe,
- 401 : bulles d'air ou d'autres gaz en suspension,
- 402 : carburant,
- 403 : espace libre du réservoir ou citerne,
- 404 : paroi supérieure de la citerne ou réservoir,
- 15 - 405 : « Bulle »,
- 406 : vapeurs et gaz,
- 407 : dévésiculeur, éponge ou mousse de trop-plein
- 408 : barrière poreuse d'arrêt de flamme,
- 409 : membranes d'extraction sélectives, perméables
- 20 notamment à l'oxygène, ou autres gaz ou vapeurs dangereux présents dans l'espace libre du réservoir,
- 410 : membranes d'extraction d'oxydants ou d'introduction de gaz inerte/non réactif ou neutralisant,
- 411 : membrane d'extraction sélective,
- 25 - 412 et 412bis : orifices de purge vers des stockages temporaires des gaz et vapeurs indésirables ou dangereux émanant du point haut de l'enveloppe 406, le tri étant effectué par la membrane 411,
- 413 et 413bis : orifices d'évacuation de l'espace libre
- 30 du réservoir vers des stockages temporaires, du gaz inerte en cas de surpression lorsque l'« airbag » est gonflé subitement, et des gaz ou vapeurs dangereux éventuellement détectés, après le tri réalisé par les membranes sélectives 409 et 410,
- 414 : brumisateurs de refroidissement des vapeurs de
- 35 l'espace libre du réservoir,

- 415 : détecteur de vapeurs d'hydrocarbures ou de comburants dans l'espace libre du réservoir, instruments de mesure de leur nature, concentration et température,
- 416 : vannes, électromagnétiques par exemple, de fermeture d'orifices de l'espace libre du réservoir en cas d'accident, étant similaires aux vannes 216, 218 de la Figure 1,
- 417 : vanne de remplissage ou vidange ou évacuation de l'espace libre du réservoir ou citerne,
- 418 : vanne de fermeture de l'enveloppe et de l'airbag, détachable de la paroi en cas d'accident,
- 420 : paroi(s) de l'airbag,
- 421 : isolation thermique de la paroi extérieure du réservoir.

La « Bulle » 405 constitue le raccordement sécurisé de l'enveloppe 400 à l'environnement extérieur du réservoir. Son rôle, dans le Dispositif, est, d'une part, de canaliser les bulles d'air ou d'autres gaz dissous ou en suspension, ainsi que les vapeurs émanant de la surface du produit contenu dans l'enveloppe ; elle permet de les évacuer vers des stockages temporaires sécurisés ; elle permet aussi l'insertion d'instruments et de gaz inerte à l'intérieur de l'enveloppe et de l'espace libre 403 du réservoir.

Ce type de bulle d'extraction des gaz/vapeurs dangereux et/ou d'injection de gaz inertes peut, dans une autre réalisation, être installé à intervalles sur les gazoducs et oléoducs pour éliminer le danger de formation de bulles/bouchons d'atmosphère explosive dans ceux-ci.

Le dévésiculeur/éponge/mousse de trop-plein (407), positionné à l'entrée de la « Bulle » permet d'éviter, notamment au moment du remplissage de l'enveloppe, que du produit liquide ne s'échappe vers l'intérieur de la « Bulle »

L'élément d'arrêt de flamme 408 constitue une barrière poreuse empêchant la propagation d'une flamme venue de

l'extérieur de la « Bulle » vers l'intérieur de l'enveloppe et de supprimer le risque d'inflammation de l'atmosphère dangereuse, probablement suroxygénée, qui peut se trouver dans son point haut 406 dans certains cas.

- 5 **Membranes d'extraction** : plusieurs types de membranes perméables sélectives, actives ou non, sont intégrées dans le dispositif selon les besoins. Certaines sont localisées à l'intérieur de la « Bulle » (409, 410 ,411), comme représenté, pour permettre d'évacuer vers des stockages temporaires
- 10 appropriés l'atmosphère de gaz-vapeurs du point haut de l'enveloppe par les orifices d'évacuation 412 et 412bis, ainsi que l'atmosphère présente dans l'espace libre du réservoir, par les orifices 413 et 413bis. Ces membranes peuvent se présenter, par exemple, sous forme tubulaire concentrique, ou bien sous
- 15 forme de films, de plaques, de nano tubes ou encore être remplacées par des cartouches de sorption/dissolution. La nature du produit stocké et celle du gaz inerte dictent le choix des membranes à utiliser, adaptées aux gaz ou vapeurs que l'on veut séparer. Une membrane peut être mise sous pression, soit au
- 20 moyen d'une pompe, soit en prélevant l'air à la sortie des compresseurs des moteurs par exemple , pour extraire l'oxygène des gaz imbrûlés prélevés à la sortie des turbines de manière à pouvoir utiliser ces gaz en tant que gaz inertes. Ces membranes peuvent faire partie des moyens de nettoyage/stabilisation ou de
- 25 divers éléments du dispositif au cours du stockage, du transfert, du transport, de la manutention du produit, chaque fois qu'il sera nécessaire de maîtriser la dangerosité de celui-ci et de mettre en œuvre des moyens pour extraire les gaz-vapeurs dangereux tels que les oxydants ou autres réactifs du
- 30 produit lui-même. Elles peuvent, par exemple, faire partie intégrante de certaines surfaces d'une enveloppe, ou être placées dans certains éléments du circuit de distribution de carburant ou des parois des espaces libres des citernes ou réservoirs.

• **Membranes d'introduction** : de même, des membranes perméables sélectives pourront être utilisées pour injecter du gaz inerte, non-réactif tel que l'azote ou des gaz d'échappement, ou des gaz ou vapeurs neutralisants dans les
5 espaces libres du dispositif, par exemple par la vanne 417.

En cas d'impact accidentel, ces vannes, fixées à l'origine aux vannes 416, doivent, après fermeture simultanée des deux vannes 416-418, être libérées de leur fixation à la
10 paroi du réservoir, notamment par des boulons sécables, éventuellement aidées d'une impulsion donnée par le mécanisme de fermeture, pour permettre à l' « airbag » de protéger la paroi de l'enveloppe de celles du réservoir. La forme donnée à l'airbag une fois gonflé permet d'obtenir ce résultat. De telles
15 vannes exercent les mêmes fonctions pour obturer tous les orifices, non représentés, de la paroi de l'enveloppe et du réservoir.

Instrumentation et moyens du Dispositif selon l'invention

20

Des moyens d'analyse, de synthèse, de contrôle et d'intervention, propres à une réalisation du Dispositif conforme à l'invention utilisent notamment, selon les besoins, les produits et les risques prévisibles, une instrumentation et des
25 moyens adaptés aux paramètres fixés par l'opérateur.

Les paramètres qu'il faut connaître et dont il faut faire le suivi en matière de danger sont, en priorité, ceux qui permettent de contrôler en permanence la stabilité du produit concerné. Ces contrôles sont aujourd'hui souvent rudimentaires,
30 et le Dispositif est amené à effectuer ce travail.

Les paramètres chimiques et physiques sont mesurés et suivis tout au long du parcours industriel du produit jusqu'au moment où il est neutralisé définitivement sous contrôle, par exemple après combustion complète d'un carburant mélangé à de
35 l'air dans un moteur.

Une énumération non exhaustive des paramètres concernés inclut :

- **Paramètres physiques** : températures, pression, énergie minimale d'inflammation, suivi d'éléments traceurs chimiques ou radioactifs (isotopes), ionisation, émission et absorption de radiations électromagnétiques, temps de contact du produit avec des réactifs dangereux.
- **Paramètres chimiques** : hérédité et niveau de danger du produit, taux de peroxydes hydrogénés, présence et concentration d'oxygène libre ou dissous ou autres oxydants, de produits de décomposition, d'impuretés chimiques et biologiques, présence de réactifs dangereux.

Les moyens d'alarme et d'intervention commandés automatiquement ou sur ordre manuel de l'opérateur, mis en œuvre par le Dispositif en cas de détection d'augmentation du niveau de dangerosité, sont, entre autres :

- **Commande de moyens et fonctions** : Alarmes, vannes, clapets, pompes, « airbags », générateurs de mousse à effet retardant, brumisateurs/éléments de refroidissement du produit, des atmosphères explosives détectées, des parois des structures et des éléments du Dispositif, transmission/réception de données, enregistrement, nettoyage du carburant/produit, stabilisation par injection ou extraction, recyclage, stockage temporaire sécurisé, purge, ventilation, balayage.
- Le déclenchement des moyens d'intervention feront, dans certains cas, l'objet (sur directives de l'opérateur) de séquences et de temporisation programmée.

En cas d'impact, les vannes 416, 418 se ferment et des mécanismes à guillotine, ou boulon sécable, ou de type

électromagnétique désolidarisent l'enveloppe et l'airbag de la structure.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de sécurisation/contention de produit (206) dangereux et/ou potentiellement réactif lors de son stockage, son transport, sa manutention dans un environnement de dimensions industrielles à pression et température sensiblement atmosphériques, ce produit étant contenu dans un réservoir (200), caractérisé en ce qu'il comporte une enveloppe (202) dans le réservoir, cette enveloppe étant agencée pour conserver le produit à l'abri de tout contact avec l'oxygène atmosphérique même en cas de rupture structurelle du réservoir.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour retarder ou empêcher le déversement du produit à l'air libre, notamment en cas d'impact accidentel ou d'exposition imprévue à la chaleur d'un incendie environnant.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une membrane (410 ; 411) perméable sélective de sorption ou dissolution ou diffusion permettant d'extraire les vapeurs et gaz potentiellement dangereux contenus dans au moins un élément du dispositif.

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une membrane perméable sélective permettant d'injecter un inhibiteur/stabilisateur dans le produit ou dans ses vapeurs, ou un gaz inerte destiné à la purge et/ou ventilation des espaces libres du réservoir, et des autres éléments, notamment de stockage, de ce dispositif.

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de génération et d'injection dans le réservoir, autour d'une enveloppe contenant le produit et/ou autour d'au moins un coussin gonflable de type « airbag » ou d'un autre élément, de mousse à effet retardant, auto-solidifiante ou non, incombustible et inerte vis-à-vis du produit stocké, destinée à contribuer à l'étanchéité et à la protection de l'enveloppe, en

protégeant le produit physiquement et thermiquement des parois et du milieu ambiant.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte au moins une vanne de sécurité contrôlant l'entrée et/ou la sortie de produit d'un élément du dispositif ou l'entrée d'air ambiant en cas d'avarie du circuit de distribution ou de rupture de son raccordement avec l'extérieur, notamment à la suite d'un impact.

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend un élément doté d'au moins un mécanisme situé à une entrée et/ou à une sortie d'une enveloppe contenant le produit stocké de façon à fermer par scellement les orifices de l'enveloppe ainsi que ceux d'un coussin gonflable de type « airbag » qui l'enclot, tout en les désolidarisant des parois du réservoir.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins un des éléments contenant le produit est constitué d'une enveloppe étanche, déformable ou non, contenant le produit.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'enveloppe dans laquelle est contenu le produit dangereux est un élément qui présente au moins une des caractéristiques sélectionnées dans le groupe comprenant :

- une étanchéité et une inertie chimique notamment vis-à-vis du produit stocké, de ses vapeurs et de ses sous-produits d'auto-réaction, de décomposition et/ou de dégradation, des impuretés chimiques ou biologiques qui pourraient y être incluses, de l'air ou d'un autre réactif ambiant, l'enveloppe comprenant de préférence à cet effet une ou plusieurs couches de matériaux étanches différents,

- une résistance mécanique, en cas d'impact, à la perforation et/ou à la déchirure, par exemple en étant composée de deux ou plusieurs couches de matériaux dans lesquelles sont éventuellement incorporées des mailles ou des fibres de

« nylon », de verre, de carbone, de « Kevlar », métalliques et/ou synthétiques, tissées ou non,

- une tolérance à des températures variant de moins 50 degrés Celsius à plus 900 degrés Celsius, de préférence de moins 50 à plus 150 degrés Celsius, et

- une faible sensibilité au rayonnement solaire, notamment dans le cas où l'enveloppe est amenée à y être exposée pendant de longues durées, par exemple lorsqu'elle contient un produit stocké en vrac.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend des micro et/ou nano capteurs de détection de l'état et des caractéristiques de l'enveloppe, notamment de type autonome sans fil ou reliés, par exemple par fibre(s) optique(s) à un centre de contrôle, de surveillance et d'activation de moyens d'intervention du dispositif.

11. Dispositif selon la revendication 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que l'enveloppe est elle-même enclose complètement par au moins un coussin gonflable étanche de type « airbag ».

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que le gonflement d'au moins un organe de type « airbag », lors de son activation, est assuré au moyen d'un gaz inerte et incombustible, tel que l'azote ou l'argon pour les carburants, non-réactif notamment vis-à-vis du produit stocké et de ses produits de décomposition.

13. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour contrôler la stabilité et/ou la réactivité initiale du produit, assurer le suivi continu de son niveau de dangerosité, notamment sa composition, son âge, sa vitesse de vieillissement et les paramètres, tels que sa température et la concentration des réactifs les plus significatifs, pour mettre en œuvre, manuellement ou automatiquement, à partir de valeurs prédéterminées, des moyens d'alarme et d'intervention, ces moyens d'intervention permettant notamment de corriger, en tant

que de besoin, les paramètres physiques ou chimiques nécessaires pour éviter un emballement réactif incontrôlable.

14. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le produit réactif ou dangereux contenu comprend au moins un produit choisi dans le groupe comportant : les carburants, notamment les hydrocarbures, les hydrates de carbone et l'hydrogène, les matières organiques, les oxydants, notamment l'oxygène et les peroxydes, les produits chimiques présentant un danger d'inflammation/explosion spontanée au contact de l'air ambiant ainsi que les produits toxiques et/ou polluants vis-à-vis du milieu ambiant.

15. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour assurer plusieurs niveaux de contention adaptés au produit ou aux risques d'agression accidentelle que peuvent présenter l'environnement et les conditions d'utilisation, ces moyens comprenant de préférence des éléments successifs qui entourent une enveloppe contenant le produit, dont les parois apportent chacune au produit dangereux contenu un niveau de protection chimique, physique, thermique et/ou mécanique supplémentaire par rapport à l'enveloppe.

16. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un détecteur et/ou un capteur, et/ou un détecteur faisant partie d'un microordinateur, visant à transmettre des données à une unité centrale ou à un centre de contrôle, notamment par liaison sans fil et/ou par fibres optiques.

17. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'intervention aptes à être mis en œuvre en fonction des données transmises par des détecteurs ou capteurs, et/ou des capteurs faisant partie d'un microordinateur, pour parer aux risques encourus.

18. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend au moins un moyen

de récupération des gaz, produits réactifs et/ou toxiques, vapeurs inflammables à caractère dangereux, toxique et/ou polluant, extraits d'un élément du dispositif, notamment de l'enveloppe, en vue de leur stockage temporaire sécurisé, leur condensation, recyclage ou neutralisation, s'il y a risque d'auto-inflammation ou explosion ou d'échappement accidentel dans le milieu ambiant.

19. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'enveloppe présente au moins un point haut afin que des bulles, des vapeurs ou des gaz présents dans le produit stocké tendent à s'accumuler dans ce point haut.

20. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour évacuer les gaz et/ou les vapeurs accumulés, notamment dans un point haut d'une enveloppe ou d'un élément de transfert/distribution du produit, par exemple pour les récupérer, les diriger vers un stockage sécurisé, les stabiliser, les neutraliser ou les brûler de manière contrôlée, par exemple dans un moteur ou une torchère, ou pour les réinjecter dans le produit ou dans un circuit de distribution.

21. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour effectuer au moins une des opérations suivantes :

- effectuer le suivi de la température du produit et la comparer à au moins une valeur fixée par l'opérateur,
- refroidir le produit au niveau prescrit pour assurer la marge de sécurité imposée par rapport au risque ambiant d'un apport d'énergie accidentel dépassant la valeur requise pour son auto-inflammation/explosion,
- contrôler la stabilité du produit,
- détecter la présence de vapeurs dangereuses, notamment inflammables et/ou explosives, dans les éléments du dispositif à l'extérieur d'une enveloppe contenant le produit, et en évaluer le danger en fonction de leur température et de leur

concentration et de celles de l'oxygène et/ou autres réactifs,

- comparer des valeurs mesurées à des valeurs prédéterminées afin d'ouvrir ou de fermer au moins une soupape ou une vanne et/ou d'activer notamment des moyens de remplissage/vidange, de gonflement, de purge, de ventilation, d'injection de produits neutralisants, de refroidissement, et de récupération.

22. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour effectuer au moins l'une des opérations suivantes :

- détecter un impact,
- déceler une fuite du produit contenu dans une enveloppe,
- déceler et mesurer une élévation de la température du produit, et/ou des parois du réservoir et de celles d'un (des) autre(s) élément(s) du dispositif,
- effectuer le suivi de la durée et des conditions de stockage du produit et comparer ladite durée avec une durée limite éventuellement prescrite par l'opérateur,
- évaluer son degré et/ou sa vitesse de vieillissement.

23. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend au moins un capteur tel que des fibres piézoélectriques incorporées dans la paroi d'un organe de type « airbag », et des moyens tels qu'une vanne, pour empêcher que l'organe de type « airbag » ne se gonfle à une pression trop élevée par rapport aux spécifications des structures du réservoir, et l'empêche ensuite de se dégonfler après avoir atteint le volume désiré pour assurer la protection optimale d'une enveloppe contenant le produit et du produit stocké.

24. Application du dispositif selon l'une des revendications précédentes à un véhicule terrestre, aérien, spatial, maritime ou fluvial.

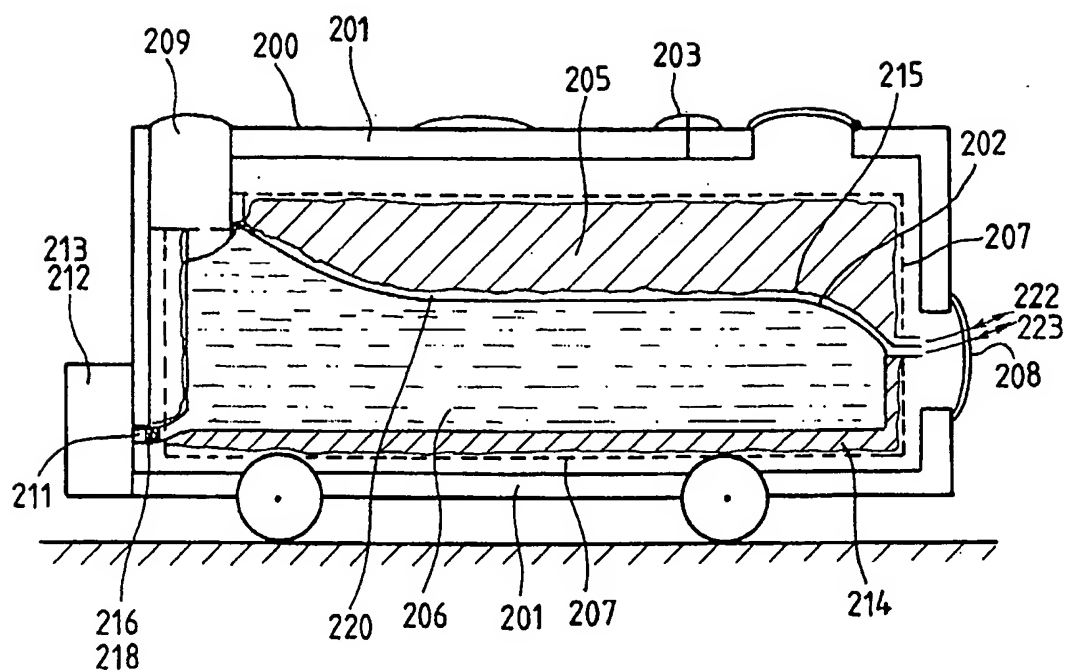
25. Application du dispositif selon l'une des revendications 1 à 23 au stockage, au transfert, au transport, à

la manutention de produit en vrac, emballé ou non, et/ou dans un espace ouvert, ou réservoir confiné ou semi-confiné.

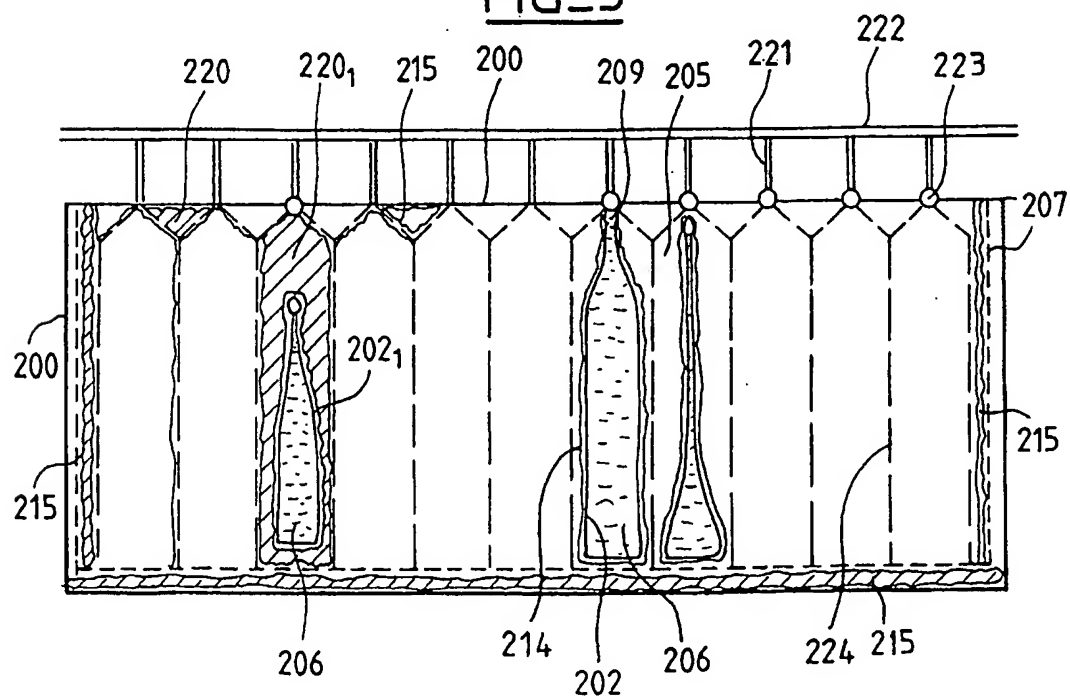
26. Application du dispositif selon l'une des revendications 1 à 23 au stockage, au transfert, au transport, à la manutention d'un produit qui se présente sous forme de gaz, de liquide, notamment de vapeurs, de brouillard, de gouttelettes, ou de solides, par exemple sous forme de particules, de grains, de granulés, de poudre, de poussière, de farine, de copeaux, de fibres, de feuilles ou de matériau poreux.

1/3

FIG_1



FIG_3



2/3

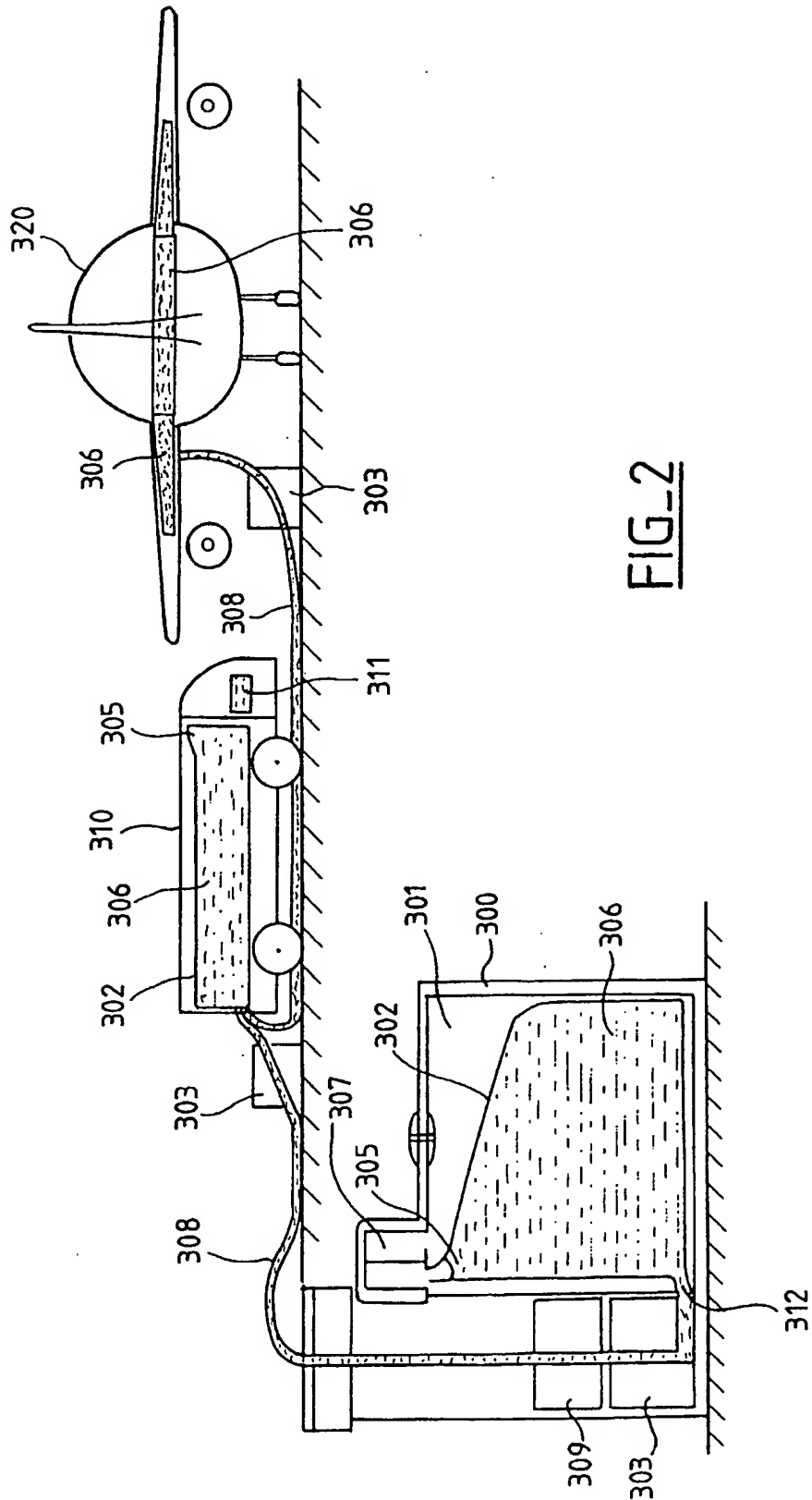


FIG-2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2005/050193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B65D90/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B65D B60P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | US 2 611 512 A (ALEXANDER FASHAY) 23 September 1952 (1952-09-23) | 1,8,14, 24-26 |
| Y | column 1, line 55 - column 2, line 36; claims 1,3-5; figure 2 | 11-13, 16-18 |
| X | US 2 758 747 A (STEVENS DONALD G) 14 August 1956 (1956-08-14) | 1,8,14, 24-26 |
| | column 2, line 64 - column 3, line 26; claim 1; figures 1,2 | |
| Y | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0072, no. 21 (M-246), 30 September 1983 (1983-09-30) -& JP 58 116236 A (NITSUTSUU SOUGOU KENKYUSHO:KK; others: 02), 11 July 1983 (1983-07-11) abstract | 13,16,17 |

-/--



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 July 2005

Date of mailing of the international search report

10/08/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Janosch, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/050193

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| Y | WO 91/15394 A (HAAHJEM EIENDOM A S) 17 October 1991 (1991-10-17) column 2, line 1 - line 24 page 4, line 1 - line 24; claims 1,3,6; figures 1,3 | 11,12,18 |
| A | DE 43 31 666 A (KROLL FAHRZEUGBAU GMBH) 23 March 1995 (1995-03-23) claim 1; figures 1,2 | 1 |
| A | FR 2 487 056 A (FROID STE TOULOUSAIN) 22 January 1982 (1982-01-22) claim 1; figure 1 | 1 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2005/050193

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|--|--|
| US 2611512 | A | 23-09-1952 | NONE | |
| US 2758747 | A | 14-08-1956 | NONE | |
| JP 58116236 | A | 11-07-1983 | NONE | |
| WO 9115394 | A | 17-10-1991 | NO 901651 A AU 7652191 A WO 9115394 A1 | 14-10-1991 30-10-1991 17-10-1991 |
| DE 4331666 | A | 23-03-1995 | DE 4331666 A1 | 23-03-1995 |
| FR 2487056 | A | 22-01-1982 | FR 2487056 A1 | 22-01-1982 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR2005/050193

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B65D90/22

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 B65D 860P

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|---|-------------------------------|
| X | US 2 611 512 A (ALEXANDER FASHAY) 23 septembre 1952 (1952-09-23) | 1,8,14, 24-26 |
| Y | colonne 1, ligne 55 - colonne 2, ligne 36; revendications 1,3-5; figure 2 | 11-13, 16-18 |
| X | US 2 758 747 A (STEVENS DONALD G) 14 août 1956 (1956-08-14) | 1,8,14, 24-26 |
| | colonne 2, ligne 64 - colonne 3, ligne 26; revendication 1; figures 1,2 | |
| Y | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0072, no. 21 (M-246), 30 septembre 1983 (1983-09-30) - & JP 58 116236 A (NITSUTSUU SOUGOU KENKYUSHO:KK; others: 02), 11 juillet 1983 (1983-07-11) abrégé | 13,16,17 |
| | ----- -/- | |

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

*Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

* & * document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

25 juillet 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

10/08/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Janosch, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR2005/050193

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-----------|---|-------------------------------|
| Y | WO 91/15394 A (HAAHJEM EIENDOM A S) 17 octobre 1991 (1991-10-17) colonne 2, ligne 1 - ligne 24 page 4, ligne 1 - ligne 24; revendications 1,3,6; figures 1,3 ----- | 11,12,18 |
| A | DE 43 31 666 A (KROLL FAHRZEUGBAU GMBH) 23 mars 1995 (1995-03-23) revendication 1; figures 1,2 ----- | 1 |
| A | FR 2 487 056 A (FROID STE TOULOUSAIN) 22 janvier 1982 (1982-01-22) revendication 1; figure 1 ----- | 1 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR2005/050193

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|---|------------------------|--|--|
| US 2611512 | A | 23-09-1952 | AUCUN | |
| US 2758747 | A | 14-08-1956 | AUCUN | |
| JP 58116236 | A | 11-07-1983 | AUCUN | |
| WO 9115394 | A | 17-10-1991 | NO 901651 A AU 7652191 A WO 9115394 A1 | 14-10-1991 30-10-1991 17-10-1991 |
| DE 4331666 | A | 23-03-1995 | DE 4331666 A1 | 23-03-1995 |
| FR 2487056 | A | 22-01-1982 | FR 2487056 A1 | 22-01-1982 |